

## Potencial de carbono en el estrato arbóreo de un bosque siempreverde de tierras bajas, Sucumbíos-Ecuador

### Carbon potential in a forest's tree layer lowland evergreen, Sucumbíos-Ecuador

### Potencial de carbono no estrato arbóreo de una floresta de planicie siempreverde, Sucumbíos-Ecuador

Jenifer Cecilia Tierres Mayorga<sup>1\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-7694-2577>

Dunia Chávez Esponda<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-2736-6072>

Edison Segura Chávez<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-5274-8825>

Manuel Cabrera Quezada<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-9903-3977>

<sup>1</sup>Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.

\*Autor para la correspondencia: jenifer.tierres@gmail.com

**Recibido:** 20 de mayo de 2020.

**Aprobado:** 8 de junio de 2020.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el potencial de carbono acumulado en el estrato arbóreo de un Bosque Siempreverde de Tierras Bajas en la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno. Se estableció un conglomerado de una hectárea subdividida en 25 unidades de muestreo de 20 x 20 m. Se determinó la composición florística, el índice de importancia ecológica a nivel de familia y especie, la biomasa aérea a través de ecuaciones alométricas, valor de importancia de biomasa y potencial de carbono almacenado en el estrato arbóreo. Se determinó que el bosque del área de estudio almacena  $392,1 \pm 2,35 \text{ Mg ha}^{-1}$  de biomasa y  $196,05 \pm 1,17 \text{ Mg C ha}^{-1}$  en  $685 \text{ ind ha}^{-1}$  con  $D_{1,30} \geq 10 \text{ cm}$  distribuidos en 13 órdenes, 19 familias, 35 géneros y 43 especies. Las familias con mayor número de especies fueron Fabaceae, Moraceae, Lauraceae; entre las familias que almacenan la mayor cantidad de carbono destacaron: Lauraceae ( $35,6 \pm 0,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Chrysobalanaceae ( $34,5 \pm 5,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Fabaceae ( $23,6 \pm 0,52 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Sapotaceae ( $22,6 \pm 0,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Arecaceae ( $21,99 \pm 0,25 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) que acumulan el 70,4 % de carbono retenido en la biomasa aérea del bosque. La acumulación de la biomasa está determinada por la edad de cada biotipo presente en bosque, la densidad de su madera y la abundancia de individuos. De acuerdo a su estructura se evidencia que la misma es autoregenerativa en proceso de desarrollo con tendencia al crecimiento, productividad de biomasa y secuestro de carbono.



**Palabras clave:** Carbono acumulado; Biomasa; Bosque siempreverde; Cuyabeno.

## ABSTRACT

The present study aimed to determine the accumulated carbon potential in the arboreal stratum of a Lowland Evergreen Forest in the Cuyabeno Fauna Production Reserve. A conglomerate of one hectare was established, subdivided into 25 sampling units of 20 x 20 m. The floristic composition, the index of ecological importance at family and species level, and the aerial biomass were determined through allometric equations, biomass importance value and carbon stored potential in the arboreal stratum. It was determined that the forest in the study area stores  $392.1 \pm 2.35 \text{ Mg ha}^{-1}$  of biomass and  $196.05 \pm 1.17 \text{ Mg C ha}^{-1}$  in  $685 \text{ ind ha}^{-1}$  with  $D_{1,30} \geq 10 \text{ cm}$  distributed in 13 orders, 19 families, 35 genera 43 species. The families with the largest number of species were Fabaceae, Moraceae, Lauraceae, among families that store the largest amount of carbon stood out: Lauraceae ( $35.6 \pm 0.7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Chrysobalanaceae ( $34.5 \pm 5.3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Fabaceae ( $23.6 \pm 0.52 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Sapotaceae ( $22.6 \pm 0.6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Arecaceae ( $21.99 \pm 0.25 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) which accumulate 70.4 % of carbon retained in the forest aerial biomass. The accumulation of biomass is determined by the age of each biotype present in the forest, the density of its wood and the abundance of individuals. According to its structure, it is evident that the biomass is self-replenishing in the process of development with a tendency towards growth, biomass productivity and carbon sequestration.

**Keywords:** Carbon accumulation; Biomass; Evergreen forest; Cuyabeno.

## RESUMO

O presente estudo visou determinar o potencial de carbono acumulado no estrato arbóreo de uma floresta Sempreverde de terras baixas na Reserva de Produção de Vida Selvagem de Cuyabeno. Foi estabelecido um conglomerado de um hectare, subdividido em 25 unidades de amostragem de 20 x 20 m. A composição florística, o índice de importância ecológica a nível da família e da espécie, a biomassa aérea foram determinados através de equações alométricas, o valor da importância da biomassa e o potencial de carbono armazenado no estrato arbóreo. Foi determinado que a floresta na área de estudo armazena  $392,1 \pm 2,35 \text{ Mg ha}^{-1}$  de biomassa e  $196,05 \pm 1,17 \text{ Mg C ha}^{-1}$  em  $685 \text{ ind. ha}^{-1}$ . Com  $D_{1,30} \geq 10 \text{ cm}$  distribuídos em 13 ordens, 19 famílias, 35 géneros 43 espécies. As famílias com o maior número de espécies foram Fabaceae, Moraceae, Lauraceae, entre as famílias que armazenam a maior quantidade de carbono que se destacaram: Lauraceae ( $35,6 \pm 0,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Chrysobalanaceae ( $34,5 \pm 5,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Fabaceae ( $23,6 \pm 0,52 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Sapotaceae ( $22,6 \pm 0,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), Arecaceae ( $21,99 \pm 0,25 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) que acumulam 70,4 % de carbono retido na biomassa aérea florestal. A acumulação de biomassa é determinada pela idade de cada biótipo presente na floresta, pela densidade da sua madeira e pela abundância de indivíduos. De acordo com a sua estrutura, é evidente que a biomassa se auto reabastece no processo de desenvolvimento com tendência para o crescimento, produtividade da biomassa e sequestro de carbono.

**Palavras-chave:** Carbono acumulado, Biomassa, Floresta Sempreverde, Cuyabeno.



## INTRODUCCIÓN

La cuenca del Amazonas cubre un área de 6 122 736 km<sup>2</sup>, lo que la convierte en la mayor del mundo, y abarca territorios de ocho países: Brasil, Perú, Colombia, Bolivia, Ecuador, Venezuela, Guyana y Surinam, lo que constituye un reservorio de gran diversidad ecológica. Además, el 50 % de los bosques tropicales existentes juegan un papel estratégico en la retención de carbono. Debido a su importancia cuantitativa y cualitativa, cualquier tipo de perturbación al ecosistema genera daño ambiental y afecta el ciclo del carbono (Torres *et al.*, 2019).

Precisamente, estos ecosistemas, además de otros atributos, tienen una alta productividad de biomasa y representan una fracción significativa de las existencias totales de carbono y nutrientes (Torres *et al.*, 2019). Por lo tanto, la biomasa vegetal es un indicador sensible del cambio ambiental y del funcionamiento ecológico, y es un factor determinante para la variabilidad y resiliencia del ecosistema (Eisfelder *et al.*, 2017).

Algunos datos recientes sugieren que el bosque primario en la Cuenca Amazónica es un sumidero de C de  $0,71 \pm 0,34$  t C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (FAO 2000). No se sabe si estos valores se pueden aplicar a toda la cuenca en general. Por lo tanto, se necesita verificar estos datos con urgencia y así extenderlos para que cubran un rango geográfico más amplio. Si el bosque primario es un sumidero neto, entonces es importante protegerlo contra la destrucción.

El potencial de carbono y la dinámica de los bosques de la Amazonía norte del Ecuador están influenciados por fenómenos naturales y actividades antrópicas que alteran la estructura del bosque y afecta los procesos fundamentales del ciclo del carbono. En ese sentido, el presente estudio se realizó en un bosque siempreverde de tierras bajas de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno (RPFC), que es parte de la cuenca amazónica y pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) administrado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). La finalidad fue determinar el potencial de carbono acumulado en el estrato arbóreo, analizando la riqueza florística por familia, estructura y biomasa arbórea sobre el suelo, el cual constituye el punto de partida para futuros estudios que involucren la valoración del bosque y de los servicios ambientales que presta, además de servir como instrumento de gestión para su conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada políticamente en las provincias de Sucumbíos y Orellana; limita al este con la República del Perú y su límite norte está muy próximo a la frontera con Colombia. Debido a su gran superficie y ubicación geográfica es un área protegida estratégica para la representación de la región amazónica en Ecuador. Está conformada por el sistema lacustre más extenso del país, que comprende 603 380 hectáreas, la temperatura promedio es de 24 °C, con una precipitación media anual de 3 300 mm. Los meses más húmedos son de abril a noviembre y los más secos diciembre y enero (MAE 2012). Geográficamente se encuentra en las siguientes coordenadas WGS84 18S 9993335 N 359450 E; 9993434 N 359442 E; 9993319 N 359547 E; 9993435 N 359538 E.



## Instalación de la parcela

La selección del área de estudio en campo se realizó mediante el análisis de la vegetación *in situ*, considerando variables como la accesibilidad, la topografía y la heterogeneidad. Se estableció un conglomerado con una extensión de una hectárea (10 000 m<sup>2</sup>), subdividida en 25 subparcelas de 20 x 20 m (Lozano *et al.*, 2018) en sitios de tierra firme, donde se ubicaron y se marcaron las especies arbóreas y palmas con diámetro a 1,3m del suelo ( $D_{1,30}$ )  $\geq 10$  cm. De cada planta se registraron los siguientes datos: familia, género, especie y nombre común,  $D_{1,30}$  y número de individuos.

La identificación de especies botánicas fue basada en el Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador (Jørgensen y León 1999), así como trabajos efectuados en la Amazonía norte (Villa *et al.*, 2015) y la base de datos Trópicos (2019).

## Valor de importancia ecológica a nivel de especies

La estructura del bosque se describió mediante el Índice de Valor de Importancia (IVI), desarrollado, principalmente, para jerarquizar la dominancia de cada especie. El valor de este índice se obtuvo mediante la sumatoria de la frecuencia relativa, la abundancia relativa y la dominancia relativa (Cottam y Curtis, 1956), en base a las siguientes expresiones (Ecuación 1); (Ecuación 2); (Ecuación 3); (Ecuación 4) y (Ecuación 5).

$$\text{Abundancia (D) \# de ind/superficie} = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Total del área muestreada}} \quad (1)$$

$$\text{Abundancia relativa (AbR) \%} = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{total de individuos}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Dominancia relativa (DmR) \%} = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Frecuencia Relativa (Fr) \%} = \frac{\text{Frecuencia absoluta de la especie}}{\text{Sumatoria total de las frecuencias absolutas}} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Índice de Valor de Importancia (IVI)} = \frac{(DR + DmR + Fr)}{3} \times 100 \quad (5)$$

## Metodología para estimar biomasa aérea acumulada

La determinación de la biomasa se realizó por métodos indirectos y requirió de la medición de variables como el  $D_{1,30}$ . Por tratarse de un área protegida, la estimación de la biomasa se basó en métodos no destructivos, razón por la cual se empleó el modelo alométrico que mejor se ajusta para bosques tropicales, propuesto por Chave *et al.*, (2005) para la estimación de la biomasa aérea en árboles. La expresión aplicada fue (Ecuación 6).

$$\text{AGB} = \rho \times \exp [1,499 + 2,148 \ln(D_{1,30}) + 0,207 (\ln(D_{1,30}))^2 - 0,0281(D_{1,30})^3] \quad (6)$$



Donde:

AGB = biomasa en kg de masa seca

$\rho$  = gravedad específica de la especie en  $\text{g cm}^{-3}$

$D_{1,30}$  = árboles con diámetro a 1,30 m sobre el suelo  $\geq 10\text{cm}$

La gravedad específica de la madera fue obtenida de la lista de densidades de maderas de la FAO; cuando la gravedad específica ( $\rho$ ) no estuvo disponible se utilizó la media global para América del Sur tropical ( $0,632 \text{ g cm}^{-3}$ ) (Zanne *et al.*, 2009).

Para convertir los datos de biomasa a carbono ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) se multiplicó por el factor de conversión 0,5 propuesto por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Penman 2003). Los valores obtenidos fueron expresados en toneladas de carbono por hectárea ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ ). El carbono total almacenado se calculó sumando el carbono de cada uno de los compartimentos de almacenamiento (biomasa aérea de árboles, palmas y helechos arborescentes).

### Determinación de biomasa por familia

Se determinaron y representaron gráficamente las familias botánicas que almacenan la mayor cantidad de carbono en el área de estudio. Se realizó un análisis estadístico multivariado (ANOVA) utilizando el programa estadístico Infostat profesional, con la finalidad de agrupar a las familias que cumplen esta condición.

### Valor de importancia de la biomasa a nivel de especie

Se utilizó el Índice de Valor de Importancia de Biomasa (IVB) propuesto por Torres *et al.*, (2019), el cual relaciona la biomasa acumulada por cada especie botánica para determinar las especies que tienen mayor peso ecológico, a partir de la suma de la Abundancia Relativa (ARF) la Dominancia Relativa (DRF) y la Biomasa Relativa (BRF) cuya expresión es (Ecuación 7).

$$\mathbf{IVB} = \mathbf{ARF} + \mathbf{DRF} + \mathbf{BRF}$$

$$\mathbf{ARF} (\%) = \frac{\text{Numero de individuos por especie}}{\text{total de individuos}} \times 100$$

$$\mathbf{DRF} (\%) = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100$$

$$\mathbf{BRF} (\%) = \frac{\text{Biomasa de la especie}}{\text{Biomasa de todas las especies}} \times 100 \quad (7)$$



Donde:

IVB= Índice de Valor de Importancia biomasa.

ARF= Abundancia Relativa.

DRF= Dominancia Relativa.

BRF= Biomasa Relativa

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición florística

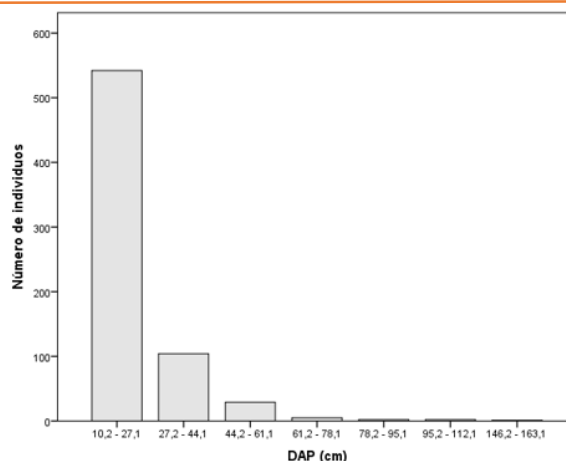
Considerando el área de estudio, se registraron un total de 685 ind ha<sup>-1</sup> con  $D_{1,30} \geq 10$  cm distribuidos en 13 órdenes, 19 familias, 35 géneros y 43 especies. Las familias más representativas fueron Fabaceae (7 spp.), Moraceae (5 spp.) y Lauraceae (5 spp.); esta aseveración es consistente con lo manifestado por Torres *et al.*, 2019, quienes encontraron que Moraceae y Fabaceae son las familias con mayor riqueza de especies en el bosque siempreverde de la Amazonía en la provincia de Napo y con los resultados de Ter Steege *et al.*, (2000), quien informa que Leguminosae es una familia rica en especies en bosques primarios neotropicales. Arecaceae, Myristicaceae y Sapotaceae registraron 3 spp., cada una; por otra parte, los géneros con mayor riqueza fueron *Brosimum* y *Ocotea* (3 spp.), *Chrysophyllum*, *Guarea* e *Inga* (2 spp.).

Se determinó que, del total de especies registradas (46), algunas se encuentran representadas por un número reducido de individuos; mientras que, las especies más abundantes son pocas y agrupan más del 60 % de individuos, lo cual ha sido un patrón de distribución ampliamente reportado en bosques húmedos tropicales del mundo (Ter Steege *et al.*, 2013).

### Estructura del bosque

La curva de tendencia de la distribución diamétrica es en "J" invertida (Figura 1), donde la clase diamétrica [10,2-27,1 cm) concentra el 79 % de los individuos (542), evidenciando que el bosque está formado por individuos jóvenes y delgados existen escasos individuos con  $D_{1,30} \geq 60$  cm (10) que se encuentran dispersos; eso muestra que la comunidad arbórea, al tener mayor abundancia de individuos en clases diamétricas bajas, tiene a futuro una tasa mayor de crecimiento y un mayor potencial de captura de C por el incremento en su biomasa. Sin embargo, dicho incremento no es constante, dado que los ritmos de crecimiento durante el ciclo de cada especie son diferentes.





**Figura 1.** - Estructura de la comunidad arbórea de acuerdo al número de individuos por clases diamétricas de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Sucumbíos-Ecuador

### Valor de importancia ecológica a nivel de familia (IVIF)

El área basal fue 33,05 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Las cinco familias con mayor IVIF fueron Lauraceae (17,53 %); Fabaceae (13,17 %); Arecaceae (12,93 %); Sapotaceae (9,75 %); Myristicaceae (9,24 %). A su vez, las familias más diversas fueron Fabaceae (7 especies y 108 individuos), seguido de Lauraceae (5 especies y 141 individuos), Moraceae (5 especies y 36 individuos) y Arecaceae (3 especies y 106 individuos). El IVIF está dado, principalmente, por el número de individuos y la dominancia en el ecosistema de estas familias (Arecaceae, Lauraceae, Fabaceae, Myristicaceae, Moraceae) coincide como las especies con mayor IVIF, con el estudio de composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano realizado en la provincia del Napo por Patiño *et al.*, (2015). Las familias con el menor IVIF fueron Phyllanthaceae (0,25 %) y Araliaceae (0,21 %), debido al menor número de individuos y menor área basal por familia (Tabla 1).

**Tabla 1.** - Estructura del bosque, abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia a nivel de familia (IVIF) de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Sucumbíos-Ecuador

FAMILIAS	No. ind	AbR (%)	DmR (%)	Fr (%)	IVIF
<i>Lauraceae</i>	141	20,58	20,60	11,42	17,53
<i>Fabaceae</i>	108	15,77	13,69	10,05	13,17
<i>Arecaceae</i>	106	15,47	13,26	10,05	12,93
<i>Sapotaceae</i>	69	10,07	9,58	9,59	9,75
<i>Myristicaceae</i>	71	10,36	8,21	9,13	9,24
<i>Moraceae</i>	36	5,26	5,87	9,59	6,90
<i>Chrysobalanaceae</i>	26	3,80	9,46	6,39	6,55
<i>Burseraceae</i>	41	5,99	5,69	6,85	6,17
<i>Vochysiaceae</i>	22	3,21	3,12	6,85	4,39
<i>Urticaceae</i>	18	2,63	2,32	4,11	3,02
<i>Melastomataceae</i>	11	1,61	1,66	4,11	2,46
<i>Meliaceae</i>	10	1,46	1,60	3,65	2,24



<i>Elaeocarpaceae</i>	7	1,02	2,93	2,28	2,08
<i>Malvaceae</i>	8	1,17	1,01	1,83	1,33
<i>Clusiaceae</i>	4	0,58	0,42	1,37	0,79
<i>Lecythidaceae</i>	3	0,44	0,23	0,91	0,53
<i>Rubiaceae</i>	2	0,29	0,17	0,91	0,46
<i>Phyllanthaceae</i>	1	0,15	0,14	0,46	0,25
<i>Araliaceae</i>	1	0,15	0,04	0,46	0,21

**AbR** = Abundancia relativa; **DmR** = Dominancia Relativa; **Fr**= Frecuencia Relativa; **IVIF**= Índice de Valor de Importancia Familiar

### Valor de importancia ecológica a nivel de especie (IVIE)

La Tabla 2 muestra las especies con mayor IVIE: *Oenocarpus bataua* Mart. (11,10 %), *Inga* spp. (8,46 %), *Ocotea* spp. (8,41 %), *Nectandra membranacea* (Sw.) Griseb. (7,73 %) y *Osteophloeum platyspermum* Spruce (6,29 %); debido a la abundancia, dominancia y frecuencia relativa. Las especies con menor IVIE fueron *Ocotea javitensis* (Kunth) Pittier; *Hieronyma oblonga* (Tul.) Müll. Arg.; *Simira cordifolia* (Hook. f.) Steyererm.; *Faramea* sp. y *Schefflera morototoni* Aubl. con porcentajes por debajo del 0,33 %.

**Tabla 2.** - Estructura del bosque. Se muestran las cinco especies con mayor y menor abundancia, frecuencia, dominancia e Índice de Valor de Importancia (IVIE) de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Sucumbíos-Ecuador

ESPECIES	No. ind	AbR (%)	DmR (%)	Fr (%)	IVIE
<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	93	13,58	12,20	7,53	11,10
<i>Inga</i> spp.	77	11,24	8,31	5,82	8,46
<i>Ocotea</i> spp.	66	9,64	8,75	6,85	8,41
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	60	8,76	7,59	6,85	7,73
<i>Osteophloeum platyspermum</i> Spruce.	48	7,01	5,71	6,16	6,29
<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	3	0,44	0,17	0,34	0,32
<i>Hieronyma oblonga</i> (Tul.) Müll. Arg.	1	0,15	0,14	0,34	0,21
<i>Simira cordifolia</i> (Hook. f.) Steyererm.	1	0,15	0,10	0,34	0,20
<i>Faramea</i> sp.	1	0,15	0,07	0,34	0,19
<i>Schefflera morototoni</i>	1	0,15	0,04	0,34	0,18

**AbR** = Abundancia relativa; **DmR** = Dominancia Relativa; **Fr**= Frecuencia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia de Especie

### Biomasa aérea acumulada

Con respecto a la biomasa seca aérea total, el bosque registra  $392,0 \pm 2,35$  Mg ha<sup>-1</sup>; según el análisis de Keeling y Phillips (2007) los bosques tropicales del mundo generalmente no tienen valores de biomasa superiores a 350 Mg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo,

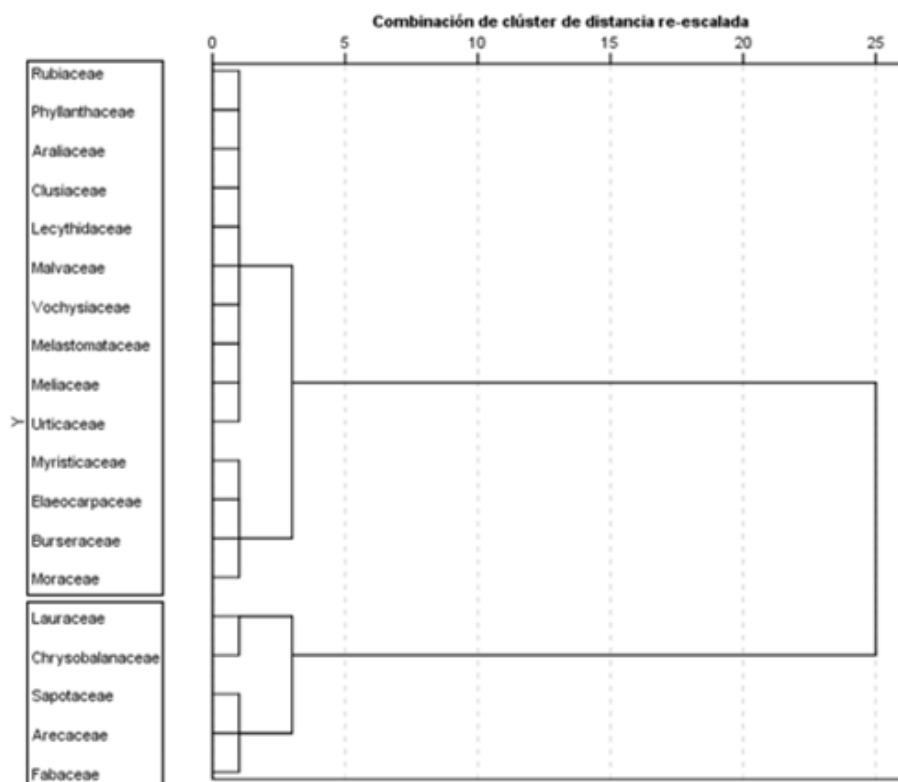


Nascimento y Laurance (2002) informan valores de biomasa de casi 400 Mg ha<sup>-1</sup> en bosques tropicales amazónicos no alterados, lo que sugiere un alto potencial para el almacenamiento de carbono por parte de estos ecosistemas.

### Potencial de carbono

El carbono acumulado en el estrato arbóreo fue 196,05 ± 1,17 Mg C ha<sup>-1</sup>; valores similares fueron encontrados en estudios realizados en bosque amazónicos (206,2 Mg C ha<sup>-1</sup>) (Jadán *et al.*, 2012). Con relación al carbono acumulado por familia, existe diferencia estadística ( $P < 0,05$ ) entre dos grupos de familias; las características estructurales del estrato arbóreo y de los individuos explican esta agrupación principalmente en lo relacionado a la densidad de la madera (Kg m<sup>-3</sup>), número de individuos por especies (ind ha<sup>-1</sup>) y  $D_{1,30}$ , lo cual es corroborado por Fonseca *et al.*, (2009).

En la Figura 2, se indican los grupos taxonómicos diferenciados de acuerdo a la acumulación de carbono: el grupo 1 acumula el 29,6 % (57,95 Mg C ha<sup>-1</sup>) y el grupo 2, 70,4 % (138,1 Mg C ha<sup>-1</sup>).

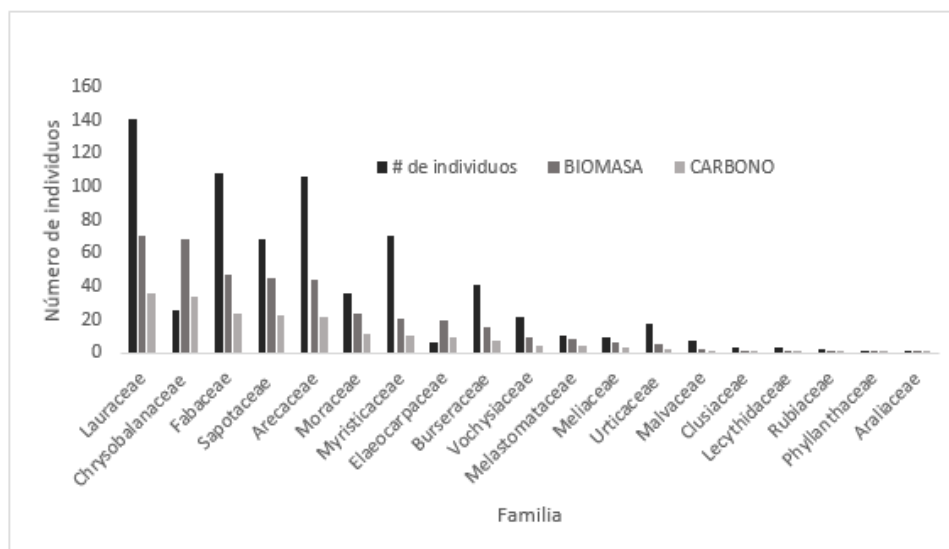


**Figura 2.-** Dendrograma de acumulación de biomasa por familia aplicando el método de Ward y distancia Bray Curtis

En la Figura 3, se observan las familias que almacenan la mayor cantidad de carbono. Lauraceae (35,6 ± 0,7 Mg C ha<sup>-1</sup>), Chrysobalanaceae (34,5 ± 5,3 Mg ha<sup>-1</sup>), Fabaceae (23,6 ± 0,52 Mg C ha<sup>-1</sup>), Sapotaceae (22,6 ± 0,6 Mg C ha<sup>-1</sup>), Arecaceae (21,99 ± 0,25 Mg ha<sup>-1</sup>) acumulan 70,4 % del carbono de la biomasa aérea del bosque, seguidas de Moraceae (12,02 ± 1,02 Mg C ha<sup>-1</sup>), Myristicaceae (10,3 ± 0,19 Mg C ha<sup>-1</sup>), Burseraceae (8,07 ± 0,42 Mg C ha<sup>-1</sup>), Elaeocarpaceae (9,84 ± 2,04 Mg C ha<sup>-1</sup>) que acumulan 10,26 %. Las nueve familias acumulan en conjunto 80,7 % (178,25 Mg C



ha<sup>-1</sup>) del carbono fijado en la biomasa aérea estrato arbóreo. Las familias Lauraceae y Fabaceae constituyen en estos ecosistemas uno de los grupos taxonómico que tienen gran importancia ecológica debido, principalmente, a su distribución y al desarrollo estructural de sus especies, corroborado por estudios similares realizados en la amazonía peruana, en que Lauraceae Fabaceae, Sapotaceae Myristicaceae se encuentran dentro de las 10 familia más importantes según su aporte de biomasa (Ureta, 2015).



**Figura 3.** - Biomasa y carbono acumulado por familia, Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Sucumbíos-Ecuador

### Valor de importancia de la biomasa a nivel de especie (IVB)

De acuerdo al valor de importancia de biomasa, *Oenocarpus bataua* Mart. tuvo los valores más altos debido al número de individuos (93) y a la dominancia relativa (12,2 %); esta especie está incluida en la lista de las 20 especies arbóreas más abundantes de la Amazonía (Ter Steege *et al.*, 2013). La abundancia y dominancia de esta especie constituye un indicador del potencial que tienen estos ecosistemas para fijar carbono. En *Licania glauca* Cuatrec, a pesar de tener menor número de individuos, la biomasa relativa constituye el factor que influye en mayor grado debido, principalmente, al D<sub>1,30</sub> de los individuos encontrados y la densidad de su madera (0,81 g cm<sup>-3</sup>). Estas especies, conjuntamente con *Ocotea spp.*, *Inga spp.* y *Nectandra membranacea* (Sw.) Griseb. constituyen el grupo de especies que más carbono retienen en el ecosistema (Tabla 3).



**Tabla 3.** - Especies con mayor y menor abundancia, Dominancia Relativa, Biomasa Relativa e Índice de Valor de Biomasa a nivel de especie (IVB) al 100 %. Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Sucumbíos-Ecuador

ESPECIES	No. ind	AbR (%)	DmR (%)	Biomasa R (%)	IVB (%)
<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	93	13,58	12,20	10,86	12,21
<i>Licania glauca</i> Cuatrec.	26	3,80	9,46	17,57	10,28
<i>Ocotea spp.</i>	66	9,64	8,75	7,92	8,77
<i>Inga spp.</i>	77	11,24	8,31	6,49	8,68
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	60	8,76	7,59	6,43	7,59
<i>Acacia glomerosa</i> Benth.	2	0,29	0,09	0,05	0,14
<i>Hieronyma oblonga</i> (Tul.) Müll. Arg.	1	0,15	0,14	0,11	0,13
<i>Simira cordifolia</i> (Hook. f.) Steyerl.	1	0,15	0,10	0,08	0,11
<i>Faramea sp.</i>	1	0,15	0,07	0,04	0,09
<i>Schefflera morototoni</i> Aubl.	1	0,15	0,04	0,02	0,07

**AbR** = Abundancia relativa; **DmR** = Dominancia Relativa; **IVB** = Índice de Valor de Biomasa

El ecosistema boscoso de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno retiene  $392,1 \pm 2,35 \text{ Mg ha}^{-1}$  de biomasa aérea y  $196,05 \pm 1,17 \text{ Mg C ha}^{-1}$  con  $685 \text{ ind ha}^{-1} \geq 10 \text{ cm}$  de  $D_{1,30}$  distribuidos en 13 órdenes, 19 familias, 35 géneros y 43 especies.

Las características estructurales del bosque como el IVI, IVIF, IVB constituyen un indicador del potencial que tienen estos ecosistemas para retener carbono.

Lauraceae, Chrysobalanaceae, Fabaceae, Sapotaceae y Arecaceae acumulan 70,4 % de la biomasa del bosque, constituyen el grupo de especies indicadoras del potencial de retención de carbono en estos ecosistemas.

La tasa de acumulación de biomasa está determinada por la edad de cada biotipo presente en bosque, dada la distribución diamétrica de la comunidad arbórea, que concentra el 79 % de los individuos; en la clase de 10,2-27,1 cm se pudo determinar que la misma es autoregenerativa y en proceso de desarrollo con tendencia al crecimiento y productividad de biomasa. Los fustes delgados paulatinamente se reclutarán en las clases diamétricas mayores y garantizarán la futura captación y fijación de carbono.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Estatal Amazónica-Sucumbíos por el apoyo en el desarrollo y presentación de los resultados de esta investigación a la Dirección Provincial del Ambiente de Sucumbíos, a los administradores de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, al MSc. Leandro Maldonado y al equipo de investigación conformado por Ronald Campos, Rolly Rodríguez, Fabiola Cayambe que colaboraron y colaboran en el monitoreo y toma de datos en campo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAVE, J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRNS, M.A., CHAMBERS, J.Q., EAMUS, D., FÖLSTER, H., FROMARD, F., HIGUCHI, N., KIRA, T., LESCURE, J.-P., NELSON, B.W., OGAWA, H., PUIG, H., RIÉRA, B. y YAMAKURA, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* [en línea], vol. 145, no. 1, pp. 87-99. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 1432-1939. DOI 10.1007/s00442-005-0100-x. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>.
- COTTAM, G. y CURTIS, J.T., 1956. The Use of Distance Measures in Phytosociological Sampling. *Ecology* [en línea], vol. 37, no. 3, pp. 451-460. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 0012-9658. DOI 10.2307/1930167. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/1930167>. JSTOR
- EISFELDER, C., KLEIN, I., BEKKULIYeva, A., KUENZER, C., BUCHROITHNER, M.F. y DECH, S., 2017. Above-ground biomass estimation based on NPP time-series " A novel approach for biomass estimation in semi-arid Kazakhstan. *Ecological Indicators* [en línea], vol. 72, pp. 13-22. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 1470-160X. DOI 10.1016/j.ecolind.2016.07.042. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X16304411>.
- FONSECA G, W., ALICE G, F. y REY B, J.M., 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque (Valdivia)* [en línea], vol. 30, no. 1, pp. 36-47. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 0717-9200. DOI 10.4067/S0717-92002009000100006. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0717-92002009000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-92002009000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es).
- JADÁN, O., TORRES, B. y GÜNTER, S., 2012. Influencia del uso de la tierra sobre almacenamiento de carbono en sistemas productivos y bosque primario en Napo, Reserva de Biosfera Sumaco, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* [en línea], vol. 1, no. 3, pp. 173-184. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 1390-5600. Disponible en: <https://revistas.proeditio.com/REVISTAMAZONICA/article/view/167>.
- JØRGENSEN, P.M. y LEÓN-YÁNEZ, S., 1999. *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador* [en línea]. S.l.: Missouri Botanical Garden Press. [Consulta: 28 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.nhbs.com/catalogue-of-the-vascular-plants-of-ecuador-catalogo-de-las-plantas-vasculares-del-ecuador-book>.
- KEELING, H.C. y PHILLIPS, O.L., 2007. The global relationship between forest productivity and biomass. S.l.: Global Ecology and Biogeography, DOI <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00314.x>.
- LOZANO SIVISACA, D.C., PALACIOS HERRERA, B.G., AGUIRRE MENDOZA, Z.H., LOZANO SIVISACA, D.C., PALACIOS HERRERA, B.G. y AGUIRRE MENDOZA, Z.H., 2018. MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMAR EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE BOSQUES MONTANOS BAJOS EN EL SUR DEL ECUADOR. *Ciência Florestal* [en línea], vol. 28, no. 3, pp. 1328-1339. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 1980-5098. DOI 10.5902/1980509833464. Disponible en:



[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1980-50982018000301328&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980-50982018000301328&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE), 2012. *43 plan de manejo Cuyabeno RPF* [en línea]. 2012. S.l.: MAE. Disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/242256/43+PLAN+DE+MANEJO+CUYABENO+RPF+Cuyabeno.pdf/7b5b2945-52c8-4dec-bb0d-bfc8784cb23b>.

NASCIMENTO, H.E.M. y LAURANCE, W.F., 2002. Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a landscape-scale study. *Forest Ecology and Management* [en línea], vol. 168, no. 1, pp. 311-321. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/S0378-1127(01)00749-6. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112701007496>.

NATIONS, F. and A.O. of the U., 2000. *Sistemas de uso de la tierra en los trópicos húmedos y la emisión y secuestro de CO2* [en línea]. S.l.: Food & Agriculture Org. ISBN 978-92-5-304412-2. Disponible en: [https://books.google.com/cu/books?id=DYrqRVS1U3MC&pg=PR3&lpq=Sistemas+de+uso+de+la+tierra+en+los+tr%C3%B3picos+h%C3%BAmedos+y+la+emisi%C3%B3n+y+secuestro+de+CO2&source=bl&ots=D4jL9EG-UM&sig=ACfU3U2\\_icwhmMw4aVFWnXRFp6ZdJ2kgKA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj6w4uJ8tbpAhUwn-AKHCh0BGoQ6AEwA3oECAgQAQ#v=onepage&q=Sistemas%20de%20uso%20de%20la%20tierra%20en%20los%20tr%C3%B3picos%20h%C3%BAmedos%20y%20la%20emisi%C3%B3n%20y%20secuestro%20de%20CO2&f=false](https://books.google.com/cu/books?id=DYrqRVS1U3MC&pg=PR3&lpq=Sistemas+de+uso+de+la+tierra+en+los+tr%C3%B3picos+h%C3%BAmedos+y+la+emisi%C3%B3n+y+secuestro+de+CO2&source=bl&ots=D4jL9EG-UM&sig=ACfU3U2_icwhmMw4aVFWnXRFp6ZdJ2kgKA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj6w4uJ8tbpAhUwn-AKHCh0BGoQ6AEwA3oECAgQAQ#v=onepage&q=Sistemas%20de%20uso%20de%20la%20tierra%20en%20los%20tr%C3%B3picos%20h%C3%BAmedos%20y%20la%20emisi%C3%B3n%20y%20secuestro%20de%20CO2&f=false).

PATIÑO, J., C. P.L., TIPÁN, C., NAVARRETE, H., LÓPEZ, R., ASANZA, M. y TORRES, B., 2015. Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m s.n.m. en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* [en línea], vol. 4, no. 2, pp. 166-214. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 1390-5600. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5292893>.

PENMAN, J., 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry IPCC* [en línea]. S.l.: Published by the Institute for Global Environmental. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISBN 4-88788-003-0. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/publication/good-practice-guidance-for-land-use-land-use-change-and-forestry/>.

STEEGE, H.T., SABATIER, D., CASTELLANOS, H., ANDEL, T.V., DUIVENVOORDEN, J., OLIVEIRA, A.A.D., EK, R., LILWAH, R., MAAS, P. y MORI, S., 2000. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *Journal of Tropical Ecology* [en línea], vol. 16, no. 6, pp. 801-828. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 1469-7831, 0266-4674. DOI 10.1017/S0266467400001735. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-tropical-ecology/article/an-analysis-of-the-floristic-composition-and-diversity-of-amazonian-forests-including-those-of-the-guiana-shield/87519193652F5A11BD6FC801D30C65BD#>.



STEEGE, et al., 2013. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science* [en línea], vol. 342, no. 6156. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 0036-8075, 1095-9203. DOI 10.1126/science.1243092 Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/342/6156/1243092>.

TORRES, B., VASSEUR, L., LÓPEZ, R., LOZANO, P., GARCÍA, Y., ARTEAGA, Y., BRAVO, C., BARBA, C. y GARCÍA, A., 2019. Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. *Agroforestry Systems* [en línea], [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 1572-9680. DOI 10.1007/s10457-018-00342-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10457-018-00342-8>.

TRÓPICOS, [sin fecha]. *Tropicos* [en línea]. S.l.: Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. Disponible en: <https://www.tropicos.org/home>.

URETA ADRIANZÉN, M., 2015. Aporte de biomasa aérea de las especies arbóreas de la familia Myristicaceae en los bosques Amazónicos del Perú. *Revista de Biología Tropical* [en línea], vol. 63, no. 1, pp. 263-273. [Consulta: 28 mayo 2020]. ISSN 0034-7744. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0034-77442015000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-77442015000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

ZANNE, A.E., LOPEZ-GONZALEZ, G., COOMES, D.A., ILIC, J., JANSEN, S., LEWIS, S.L., MILLER, R.B., SWENSON, N.G., WIEMANN, M.C. y CHAVE, J., 2009. *Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum* [en línea]. 2009. S.l.: Dryad. [Consulta: 28 mayo 2020]. Disponible en: <http://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.234>.

#### **Conflicto de intereses:**

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

#### **Contribución de los autores:**

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Copyright (c) 2020 Jenifer Cecilia Tierras Mayorga, Dunia Chávez Esponda, Edison Segura Chávez, Manuel Cabrera Quezada

